



REC'D 31 JAN 2000	
WIPO	PCT

FR 99 / 03322

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

BEST AVAILABLE COPY

Fait à Paris, le 12 JAN. 2000

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS Cédex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30

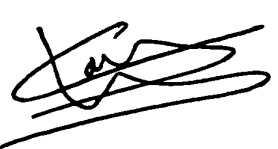
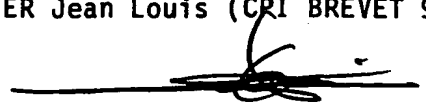
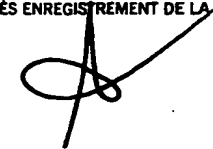
THIS PAGE BLANK (USPTO)

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI DATE DE REMISE DES PIÈCES 31 DEC. 1998 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL 9816791 DÉPARTEMENT DE DÉPÔT MA DATE DE DÉPÔT 31 DEC. 1998		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET BEAU DE LOMENIE 232, avenue du Prado 13295 MARSEILLE CEDEX 8 n° du pouvoir permanent H52314C1FR JLS références du correspondant téléphone									
2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle <input checked="" type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> demande divisionnaire <input type="checkbox"/> certificat d'utilité <input type="checkbox"/> transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/> demande initiale <input type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> certificat d'utilité n° date		Établissement du rapport de recherche <input type="checkbox"/> différé <input checked="" type="checkbox"/> immédiat Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non									
Titre de l'invention (200 caractères maximum) DISPOSITIF ET PROCEDE D'ISOLATION THERMIQUE D'AU MOINS UNE CONDUITE SOUS MARINE A GRANDE PROFONDEUR											
3 DEMANDEUR (S) n° SIREN 3.0.2.5.8.4.6.2 code APE-NAF Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination BOUYGUES OFFSHORE		Forme juridique SOCIETE ANONYME									
Nationalité (s) FRANCAISE Adresse (s) complète (s) 3, rue Stephenson - Montigny le Bretonneux 78884 SAINT QUENTIN YVELINES		Pays FRANCE									
4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre <input type="checkbox"/>											
5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES <input type="checkbox"/> requise pour la 1ère fois <input type="checkbox"/> requise antérieurement au dépôt ; joindre copie de la décision d'admission											
6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE <table border="1"> <thead> <tr> <th>pays d'origine</th> <th>numéro</th> <th>date de dépôt</th> <th>nature de la demande</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				pays d'origine	numéro	date de dépôt	nature de la demande				
pays d'origine	numéro	date de dépôt	nature de la demande								
7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n° date n° date											
8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (nom et qualité du signataire - n° d'inscription) SOMNIER Jean Louis (CPI BREVET 92-2043)		SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION 									
 		SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI 									

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

DESIGNATION DE L'INVENTEUR
(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Réf. Mandataire: H52314G1FR

N° d'enregistrement national

9876751

Titre de l'invention : Dispositif et procédé d'isolation thermique d'au moins une conduite sous marine à grande profondeur

Les Soussigné(s) :

BOUYGUES OFFSHORE
167, place de l'Estaque
BP 9
13321 MARSEILLE CEDEX 16

désigne(nt) en tant qu'inventeur(s) (nom, prénoms, adresse)

1/ HALLOT Raymond
33, bld Lamartine

13600 LA GIOTAT

2/ Michel BAYLOT
41, avenue Beau Pin

13008 MARSEILLE

Date et
signature(s) du(des) demandeur(s) ou du mandataire

MARSEILLE, le 30 décembre 1998


Jean Louis SOMNIER - CPI BREVET 92/2043
Cabinet BEAU DE LOMENIE

DOCUMENT COMPORTANT DES MODIFICATIONS

PAGE(S) DE LA DESCRIPTION OU DES REVENDICATIONS OU PLANCHE(S) DE DESSIN			R.M.*	DATE DE LA CORRESPONDANCE	TAMPON DATEUR DU CORRECTEUR
Modifiée(s)	Supprimée(s)	Ajoutée(s)			
9-15				21-1-99	28 JAN. 1999 P L D

Un changement apporté à la rédaction des revendications d'origine, sauf si celui-ci découle des dispositions de l'article 28 du décret du 19 septembre 1979, est signalé par la mention "R.M." (revendications modifiées).

Dispositif et procédé thermique d'isolation d'au moins une conduite sous marine à grande profondeur

— La présente invention a pour objet des dispositifs et procédés
5 d'isolation thermique d'au moins une conduite sous marine à grande profondeur

Le secteur technique de l'invention est le domaine de la fabrication et du montage de systèmes d'isolation à l'extérieur et autour des conduites dans lesquelles circulent des effluents chauds.

10 L'application principale de l'invention est l'isolation thermique de conduites ou canalisations immergées, sous marines ou sub-aquatiques, et plus particulièrement à grande profondeur au delà de 300 mètres, et véhiculant des produits pétroliers chauds dont un trop grand refroidissement serait problématique aussi bien en régime de production
15 normale qu'en cas d'arrêt de production.

En effet dans ce type d'applications, de nombreux problèmes se posent si la température des produits pétroliers diminuent d'une valeur significative importante par rapport à leur température de production qui est en général au delà de 60 à 80°C alors que la température de l'eau
20 environnante surtout à grande profondeur peut être inférieure à 10°C. Si les produits pétroliers se refroidissent par exemple en dessous de 30° à 60°C pour une température initiale de 70 à 80°C on observe :

- une forte augmentation de la viscosité qui diminue alors le débit de la conduite,

25 - une précipitation de paraffine dissoute qui augmente alors la viscosité du produit et dont le dépôt peut diminuer le diamètre intérieur utile de la conduite,

- la floculation des alphaltènes induisant les mêmes problèmes,

- la formation d'hydrates de gaz qui précipitent et, se déposant
30 sur les parois, sont encore plus difficile à enlever que les paraffines ou les alphaltènes car même si on remonte ensuite à nouveau la

température, ils restent accrochés à la paroi, nécessitant alors un raclage par l'intérieur de celle-ci.

L'isolation thermique de telles conduites a donc pour fonction de retarder le refroidissement des effluents pétroliers véhiculés non seulement en régime de production établi pour que leur température soit par exemple d'au moins 40°C en arrivant en surface, pour une température de production à l'entrée de la conduite de 70°C à 80°C mais également en cas de diminution ou même d'arrêt de la production afin d'éviter que la température des effluents descendent par exemple en dessous de 30°C afin de limiter les problèmes ci-dessus ou tout au moins de permettre de les rendre réversibles.

Quant de telles conduites doivent être posées de plus à des profondeurs supérieures à 300 mètres la pression ambiante d'au moins 30 bars interdit l'emploi des calorifuges performants que l'on rencontre à terre ou à faible immersion, car ils utilisent tous des gaz dont la conductivité thermique est en effet très faible et dont la convection est bloquée par un matériau solide poreux, cellulaire ou laineux : la compressivité des gaz ne permet pas cependant à ces calorifuges classiques de supporter des pressions extérieures élevées.

On pourrait également citer la demande de brevet japonaise publiée le 25/10/91 n° JP2176299 qui décrit un dispositif d'isolation pour tube en métal ou en résine synthétique pour la fourniture d'eau chaude dans des bâtiments et dont on veut conserver la température à plus de 50°C après une heure d'arrêt de fourniture en eau chaude, dans une température ambiante de 13°C par exemple : il est décrit pour cela une structure comprenant le tube de circulation de l'eau chaude, qui est de préférence déformable pour en faciliter la pose, avec une couche de matériau poreux imbibée à 200 % environ de paraffine et le recouvrant, et une autre couche en matière réfractaire couvrant la périphérie de l'ensemble ; l'utilisation de la paraffine permet d'avoir un coefficient d'isolation thermique intéressant bien que plus faible que les calorifuges

cités ci-dessus et comportant du gaz, mais la capacité d'accumulation thermique de ce dispositif japonais est renforcée par la présence de la couche réfractaire extérieure permettant de réduire la perte thermique avec l'avantage de pouvoir couper l'ensemble de cette structure en n'importe quel endroit pour en faciliter le montage et sans perte du pouvoir d'accumulation thermique ; une telle solution n'est cependant pas utilisable dans de l'eau surtout à grande profondeur où il faut pouvoir résister à une pression hydrostatique extérieure importante, tout en assurant un confinement suffisant pour éviter tout risque de pollution et/ou de perte d'efficacité thermique ; de plus elle n'apporte pas les caractéristiques spécifiques décrites et revendiquées dans la présente invention .

Du reste, il a été plutôt développé d'autres types d'isolation thermique spécifiques et compatibles avec de fortes immersions et que l'on peut regrouper en trois familles, à savoir :

- les revêtements extérieurs en plastique massif tel qu'en polyuréthane, polyéthylène, polypropylène, mais dont la conductivité thermique est assez moyenne puisque de l'ordre de 0,2 à 0,3 Watt/mètre/degé Célcius, ce qui peut être suffisant en fonctionnement continu de production mais insuffisant pour préserver une température minimum pendant un temps donné en cas d'arrêt de production,

- les revêtements en matériaux syntactiques constitués de billes creuses contenant un gaz et résistantes à la pression extérieure et noyées dans des liants variés tels que béton, époxy, élastomère, polypropylène etc...: les plus performants sont les matériaux syntactiques et époxy microsphères de conductibilité assez faible et intéressante puisque de l'ordre de 0,10 à 0,15 watt/mètre/degé Célcius mais le prix de ces revêtements est très élevé,

- les « pipe en pipe » dans lesquels un premier tube intérieur véhiculant les effluents est disposé concentriquement dans un deuxième

tube résistant à la pression hydrostatique extérieure ; l'espace annulaire compris entre les deux tubes peut être, soit rempli de calorifuge à très faible conductivité thermique (0,02 Watt/mètre/degré Celsius) et qui pour ne pas s'écraser doit être laissé à pression atmosphérique, soit mis sous vide : une telle solution nécessite des cloisons disposées longitudinalement et parfaitement étanches, à intervalles réguliers, pour des questions de sécurité, et complique la construction et la mise en place de tels ensembles qui sont de plus très coûteux.

Le problème posé est donc de pouvoir réaliser une isolation d'au moins une conduite sous marine destinée à être posée sur le fond en particulier à grande profondeur, dont le revêtement extérieur isolant puisse résister d'une part à la pression hydrostatique mais également à tous les efforts liés à son poids propre, et induits lors de la pose au cours de laquelle la conduite subit des frottements et est exposée à des risques de poinçonnage ; lequel revêtement extérieur isolant doit permettre de maintenir par exemple un effluent chaud tel qu'un produit pétrolier produit à 60°C au niveau du fond à une température au dessus de 40°C quand il arrive en surface après un parcours de plusieurs kilomètres dans l'eau, et de plus maintenir une température à plus de 30°C même après plusieurs heures d'arrêt de production, et cela avec un coût de fabrication qui soit inférieur à celui des matériaux syntactiques actuels tout en offrant diverses possibilités de mise en oeuvre, et cela sans risque de pollution pour l'environnement.

Une solution au problème posé est un dispositif d'isolation d'au moins une conduite sous marine (qui peut être en effet seule ou assemblée avec d'autres conduites, constituant alors ce que l'on appelle des « bundles » ou des « faisceaux »), destinée à être posée sur le fond à grande profondeur, comportant un revêtement extérieur entourant celle-ci et une enveloppe de protection ; selon l'invention ledit revêtement extérieur est composé d'un matériau quasi incompressible à changement de phase liquide / solide à une température de fusion T_0

supérieure à celle T_2 du milieu environnant la conduite en opération et inférieure à celle T_1 des effluents circulant dans la conduite, et d'une matrice absorbante entourant la conduite au plus près de sa surface extérieure et imprégnée dudit matériau, laquelle enveloppe de protection est résistante (tel qu'à l'abrasion, aux frottements, à la corrosion et aux impacts mécaniques) et déformable (pour suivre en particulier les variations de volume du matériau à changement de phase sous l'effet de la pression hydrostatique et/ou lors des variations de températures), assure un confinement contre et autour dudit revêtement extérieur ; cette enveloppe peut présenter au moins un évent perméable au gaz de manière à éviter les éventuelles accumulations de gaz tel que l'hydrogène ayant pu diffuser à travers la paroi de la conduite interne, lequel hydrogène peut être généré par les effluents qui y circulent.

L'objectif de la présente invention est également atteint par un procédé d'isolation utilisant un revêtement extérieur entourant au moins une conduite sous marine et une enveloppe de protection, tel que :

- on entoure ladite conduite avec une matrice absorbante imprégnée avec un matériau quasi-incompressible et à changement de phase liquide / solide à une température de fusion T_0 donnée, constituant ledit revêtement extérieur, et on confine l'ensemble dans l'enveloppe de protection qui doit être résistante et déformable,
- on fait circuler dans ladite conduite des effluents chauds à une température T_1 supérieure à la température de fusion T_0 du matériau alors que la température T_2 ambiante extérieure est inférieure à T_0 , le matériau à changement de phase étant alors liquide dans une partie de la matrice d'imprégnation depuis la conduite jusqu'à une limite d'équilibre d'échange thermique entre la conduite et l'enveloppe, au delà de cette limite le matériau étant solide,

- quand on arrête la circulation des effluents dans la conduite on maintient la température de ces effluents au dessus d'une température T_3 donnée pendant une durée prédéterminée grâce au transfert

calorifique apporté par la chaleur latente du matériau dont la partie liquide se solidifie progressivement en se refroidissant.

Le résultat est un nouveau dispositif et procédé d'isolation d'au moins une conduite sous marine destinée à être posée sur le fond en particulier à grandes profondeurs, répondant aux inconvénients cités précédemment dans les dispositifs actuels et répondant au problème posé. En effet, l'enveloppe de protection extérieure n'a pas besoin d'être résistante à la pression hydrostatique puisqu'elle s'appuie sur un matériau quasi incompressible, lequel matériau étant choisi pour sa conductivité thermique inférieure par exemple à 0,3 watt/mètre/degé Celsius tel que le sont les matériaux constitués d'au moins 90 % de composés chimiques de la famille des alcanes, ou encore par exemple de sels hydratés ou pas, de glycols, de bitumes, de goudrons, de cires...

De tels matériaux sont choisis pour être également à changement de phase liquide/solide à une température de fusion T_0 supérieure à celle T_2 du milieu environnant la conduite en opération afin que sa partie extérieure soit toujours solide, et donc d'une part assez résistante pour absorber les efforts transmis par l'enveloppe de protection extérieure, d'autre part apportant une meilleure inertie thermique ; leur température de fusion T_0 doit être également choisie pour être inférieure à celle de l'effluent circulant dans la conduite, de telle façon que la partie de ce matériau entourant la conduite soit liquéfiée grâce à l'apport calorifique des effluents en régime de production normale : par contre en cas de ralentissement de la production ou même d'arrêt, de celle-ci, ledit matériau à changement de phase restitue ses calories aux effluents contenus dans la conduite, grâce par exemple à une enthalpie de fusion supérieure à 50 kilojoule/kilogramme, ce qui retardera d'autant plus le refroidissement desdits effluents et permet d'atteindre les objectifs recherchés.

De plus, la partie solide extérieure dudit matériau à changement de phase limite tout risque de pollution de ce matériau dans le milieu

environnant puisqu'en cas de déchirure de l'enveloppe de protection extérieure, la solidité de cette partie du matériau maintiendra son intégrité.

On pourrait citer d'autres avantages à la présente invention mais
5 ceux cités ci-dessus en montrent déjà suffisamment pour en prouver la nouveauté et l'intérêt. La description des figures ci-après concerne des exemples de réalisation de l'invention mais n'a aucun caractère limitatif : d'autres réalisations sont possibles dans le cadre de la portée et de l'étendue de cette invention, en particulier en choisissant un
10 matériau à changement de phase liquide/solide spécifique aux applications souhaités en terme de profondeur d'immersion, de température du milieu environnant, de température des effluents...

Le figure 1 est une vue en coupe d'un dispositif d'isolation suivant la présente invention représenté ici avec trois conduites
15 rassemblées en faisceau ou « bundle » mais qui peut être adapté à une seule conduite ou à un nombre supérieur de conduites réunies.

Les figures 2A et 2B représentent des détails des phases du procédé de montage et de fabrication du dispositif d'isolation selon l'invention tel que représenté sur la figure 3E.

20 Les figures 3A à 3E et 4A à 4C représentent différentes phases d'un exemple de procédé d'isolation suivant la présente invention.

Les figures 5A et 5B représentent des coupes d'un dispositif selon l'invention spécifique au raccordement entre deux tronçons de conduite.

25 Comme indiqué précédemment, le dispositif d'isolation d'au moins une conduite sous marine 1 destinée à être posée sur le fond 8 de la mer à grande profondeur, comporte d'une manière connue un revêtement extérieur entourant celle ci et une enveloppe de protection 3. Suivant la présente invention tel que représenté sur les figures
30 jointes, ledit revêtement extérieur est composé d'un matériau quasi incompressible 4 à changement de phase liquide/solide à une

température de fusion T_0 supérieur à celle T_2 du milieu environnant la conduite en opération et inférieure à celle T_1 des effluents 6 circulant dans la conduite 1 ; lequel matériau 4 a une conductivité thermique assez faible de préférence inférieure à 0,3 watt/mètre/deg Celsius en phase solide et une enthalpie de fusion de préférence supérieure à 50 kilojoules/kilogramme : il est par exemple constitué d'au moins 90 % de composés chimiques de la famille des alcanes qui sont des hydrocarbures saturés de formule générale $C_n H_{2n+2}$ tels que par exemple des paraffines ou des cires ; lesdits composés chimiques pouvant être aussi des sels hydratés ou non, des glycols, des bitumes, des goudrons...; la température de fusion dudit matériau doit donc être comprise entre les températures T_1 des effluents 6 chauds circulant dans la conduite 1 et T_2 du milieu environnant 5 la conduite en opération, soit en fait en général une température de fusion comprise entre 20 et 80°C.

Le revêtement extérieur selon l'invention est constitué d'une matrice 2 absorbante entourant la conduite 1 au plus près de sa surface extérieure et imprégnée dudit matériau 4 ; ladite enveloppe de protection 3 est résistante et déformable et assure un confinement contre et autour dudit revêtement extérieur : cette enveloppe de protection 3, s'appuyant sur le matériau 4 solidifié et rigide au moins en périphérie, est apte à supporter le poids de la conduite 1 et les frottements lors de la pose de celle-ci depuis la surface.

Ladite enveloppe de protection 3 est déformable pour compenser au moins les variations de volume du revêtement extérieur qu'elle confine, d'une part sous l'effet de la pression hydrostatique et d'autre part lors des variations de volume du matériau 4 lors de son changement de phase, afin de préserver son intégrité et donc sa capacité de confinement ; cette enveloppe de protection 3 peut être pour cela en matériau thermo plastique tel qu'en polyéthylène ou en matériau thermodurcissable, ou même métallique de section non cylindrique. Sous l'action de la pression extérieure hydrostatique, cette enveloppe de

protection 3, formant un tube extérieur se déforme et vient prendre appui sur la partie solidifiée du matériau 4 qui est de nature quasiment incompressible : ainsi la déformation de cette enveloppe de protection 3 reste faible et les contraintes qui en résultent seront elles aussi faibles ; en conséquence l'épaisseur de ladite enveloppe peut également être faible.

Ladite matrice 2 peut être constituée d'un matériau léger cellulaire ou fibreux tel que de la mousse à cellules ouvertes, de la fibre de verre ou de roche, du tissu, du feutre du papier etc... : en fait la nature du matériau constituant ladite matrice doit être suffisamment absorbante pour être compatible avec l'imprégnation par ledit matériau 4 à changement de phase afin de s'opposer à la convection naturelle de la partie liquéfiée 2_1 dudit matériau ; cette matrice peut être éventuellement hétérogène pour être compatible avec le gradient de température de l'imprégnation et elle peut n'occuper qu'une partie du volume de l'espace annulaire délimité par ladite enveloppe de protection 3 et ladite conduite 1 dans la mesure où la partie extérieure 2_2 dudit matériau à changement de phase reste toujours solide et n'est donc pas sujet à des mouvements de convection thermique : en ce cas la limite 19 entre les deux parties liquide 2_1 et solide 2_2 est toujours comprise dans la matrice 2.

Suivant l'exemple d'un procédé de réalisation d'un dispositif selon l'invention tel que représenté sur les figures 3A à 4C :

- on fixe, tel que par soudage 16₁ d'une manière continue, l'obturateur 7₂ à une extrémité de la paroi extérieure de conduite 1 à isoler (figure 3),

- on monte sur cette partie de conduite 1 des éléments de la matrice 2 absorbante qui entoure celle-ci complètement et uniformément et on enfile autour de ces éléments de matrice 2 l'enveloppe extérieure de protection 3 que l'on solidarise, tel que par soudage d'une manière continue, à son extrémité à l'obturateur 7₂

(figures 3B et 3C) ; suivant un mode préférentiel de réalisation on intercale également entre des éléments de matrice 2 absorbante, des entretoises 9 régulièrement espacées le long de la conduite 1 sur laquelle elles s'appuient et aptes à centrer et supporter l'enveloppe de protection 3,

- on positionne à l'autre extrémité de l'enveloppe de protection 3 un deuxième obturateur 7_1 que l'on fixe sur cette enveloppe et sur la conduite 1 tel que pas soudage 16_2 d'une manière continue (figure 3D),

- dans le cas où on a intercalé des entretoises 9 entre les éléments de matrice 2, lorsque l'ensemble des éléments de l'enveloppe de protection 3 ont été ainsi mis en place et fixés pour constituer ainsi l'enveloppe de confinement, on met en place des sangles 17 de maintien à l'aplomb desdites entretoises 9 (figure 4B),

- on remplit complètement, par exemple par une extrémité grâce à des orifices 14 réalisés dans un des obturateurs 7, l'espace annulaire compris entre la conduite 1 et l'enveloppe 3 avec ledit matériau 4 à changement de phase liquéfié et surchauffé au dessus de sa température de fusion T_0 , et ce jusqu'à ce que les éléments de matrice 2 en soient complètement imprégnés : pour cela, on peut incliner ladite conduite afin de remplir ledit matériau 4 à changement de phase par la partie inférieure de l'espace annulaire tel que représenté sur la figure 4A, ce qui permet de chasser l'air par des événements 15 disposés dans l'obturateur opposé 7 à celui permettant le remplissage (il peut être effectué également le vide avant ledit remplissage) ;

- dans le cas où des entretoises 9 et des sangles 17 de maintien ont été préalablement disposées, on remplit l'espace annulaire avec ledit matériau liquéfié 4 sous pression pour déformer l'enveloppe extérieure 3 entre lesdites sangles 17; la déformée recherchée correspondant à l'augmentation de volume, ou survolume, engendrée par la dilatation thermique du matériau 4 liquide à la température de remplissage,

comme représenté sur la figure 4B, et par rapport à son volume à l'état solide

- on refroidit l'ensemble, et après refroidissement et solidification du matériau 4, celui ci reprend sensiblement son volume initial : si le remplissage a été effectué sous pression comme indiqué précédemment l'enveloppe extérieure sera alors sensiblement droite comme indiqué sur la figure 4C, ce qui permettra éventuellement d'enlever lesdites sangles 17 ;

Les corps des obturateurs 7 sont fermés, et ceux des entretoises 9 sont de préférence ajourées pour permettre le remplissage du matériau à changement de phase ; ces obturateurs et entretoises sont réalisés en matière préférentiellement peu conductrice de la chaleur, non métallique. Comme indiqué sur les figures 2A et 2B, lesdits obturateurs peuvent également comporter une bague intérieure 10 de la même matière ~~de celle de la conduite 1~~ et une bague extérieure 11 de la même matière que celle du tube extérieur 3 : ces deux bagues éventuelles sont fixées sur le corps de l'obturateur de manière rigide et étanche ; celle fixée sur la conduite 1 peut comporter une collerette 10 d'aide à la manutention.

Les entretoises 9 sont nécessaires dans le cas où la tenue mécanique de la partie rigide 2₂ du matériau à changement de phase ne serait pas suffisante pour supporter la ou les conduites 1 ; de plus de telles entretoises 9 assurent le centrage du ou des faisceaux de conduite dans le tube enveloppe extérieure 3.

Dans le cas d'une conduite assemblée sur site par soudage ou vissage de tronçons élémentaires préalablement isolés les zones de jonction sont alors dépourvues d'isolation et doivent être traitées sur site : on peut ainsi compléter cette isolation dans cette zone en disposant plusieurs blocs d'imprégnation préfabriqués 12 s'ajustant les uns aux autres, autour de la jonction entre tronçons le tout étant

immobilisé par surmoulage par une résine thermoplastique ou thermodurcissable 13 tel que représenté sur les figures 5A et 5B.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'isolation thermique d'au moins une conduite sous marine
— (1) destinée à être posée sur le fond à grande profondeur, comportant
5 un revêtement extérieur entourant celle-ci et une enveloppe de
protection (3), caractérisé en ce que ledit revêtement extérieur est
composé d'un matériau quasi incompressible (4) à changement de
phase liquide / solide à une température de fusion T_0 supérieure à
celle T_2 du milieu environnant la conduite en opération et inférieure
10 à celle T_1 des effluents circulant dans la conduite, et d'une matrice (2)
absorbante entourant la conduite (1) au plus près de sa surface
extérieure et imprégnée dudit matériau (4), laquelle enveloppe de
protection (3) est résistante et déformable et assure un confinement
contre et autour dudit revêtement extérieur.
- 15 2. Dispositif d'isolation thermique suivant la revendication 1 caractérisé
en ce que l'enveloppe de protection (3) s'appuyant sur le matériau
(4) solidifié et rigide au moins à sa périphérie, est apte à supporter le
poids de la conduite (1) et les frottements lors de la pose de celle-ci
depuis la surface.
- 20 3. Dispositif d'isolation thermique selon l'une quelconque des
revendications 1 ou 2 caractérisé en ce que l'enveloppe de protection
(3) est déformable pour suivre les variations de volume du revêtement
extérieur qu'elle confine sous l'effet de la pression hydrostatique et
lors des variations de température.
- 25 4. Dispositif d'isolation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3
caractérisé en ce que l'enveloppe de protection (3) comporte au moins
un évent perméable au gaz pouvant diffuser à travers ladite conduite
sous marine (1) et généré par les effluents qui y circulent.
- 30 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé
en ce que la matrice (2) est constituée d'un matériau léger cellulaire

ou fibreux et le matériau (4) qui l'imprègne a une température de fusion (T_0) comprise entre 20 et 80°C.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que le matériau (4) d'imprégnation a une conductivité thermique inférieure à 0,3 Watt/mètre/degé Celsius en phase solide et une enthalpie de fusion supérieure à 50 kilojoule/kilogramme.
7. Dispositif d'isolation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que la matrice (2) n'occupe qu'une partie du volume de l'espace annulaire délimitée par ladite enveloppe de protection (3) et ladite conduite (1).
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisé en ce qu'il comporte des entretoises (9) régulièrement espacées le long de la conduite (1) sur laquelle elles s'appuient et supportant l'enveloppe de protection (3).
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que l'enveloppe de protection (3) est en matériau thermoplastique.
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 caractérisé en ce que le matériau (4) d'imprégnation est constitué, à au moins 90 %, de composés chimiques de la famille des alcanes.
11. Procédé d'isolation thermique d'au moins une conduite sous marine (1) destinée à être posée sur le fond à grande profondeur, utilisant un revêtement extérieur entourant celle ci et une enveloppe de protection (3), caractérisé en ce que :
 - on entoure ladite conduite (1) avec une matrice absorbante (2) imprégnée avec un matériau quasi incompressible (4) et à changement de phase liquide / solide à une température de fusion (T_0) donnée, constituant ledit revêtement extérieur, et on confine l'ensemble dans l'enveloppe de protection (3) qui doit être résistante et déformable,
 - on fait circuler dans ladite conduite (1) des effluents chauds (6) à une température T_1 supérieure à la température de fusion T_0 du

matériau (4) alors que la température T_2 ambiante extérieure est inférieure à T_0 , le matériau à changement de phase (4) étant alors liquide dans une partie de la matrice d'imprégnation (2₁) depuis la conduite (1) jusqu'à une limite d'équilibre (19) d'échange thermique entre la conduite (1) et l'enveloppe (3), au delà de cette limite (19) le matériau étant solide,

- quand on arrête la circulation des effluents (6) dans la conduite (1) on maintient la température de ces effluents (6) au dessus d'une température T_3 donnée pendant une durée prédéterminée grâce au transfert calorifique apporté par la chaleur latente du matériau (4) dont la partie liquide (2₁) se solidifie progressivement en se refroidissant.

12. Procédé d'isolation thermique suivant la revendication 11 caractérisé en ce que :

- on fixe un obturateur d'une manière continue et étanche un obturateur (7₂) à l'extrémité de la paroi extérieure de la conduite (1) à isoler,

- on monte sur cette partie de la conduite (1) des éléments de la matrice (2) absorbante qui entourent celle-ci complètement et uniformément,

- on enfile autour de ces éléments de matrice (2) l'enveloppe extérieure de protection (3) que l'on solidarise à son extrémité à l'obturateur (7₂)

- on positionne à l'autre extrémité de l'enveloppe de protection (3) un deuxième obturateur (7₁) que l'on fixe sur cette enveloppe et sur la conduite (1),

- on remplit complètement, par une extrémité, l'espace annulaire compris entre la conduite (1) et l'enveloppe (3) avec ledit matériau (4) à changement de phase, liquéfié et surchauffé au dessus de sa température de fusion T_0 et jusqu'à ce que les éléments de matrice (2) en soient complètement imprégnés,

- on refroidit l'ensemble.

13. Procédé d'isolation thermique suivant la revendication 12 caractérisé en ce que :

- on intercale entre des éléments de matrice (2) absorbante des entretoises (9) régulièrement espacées le long de la conduite (1) sur laquelle elles s'appuient,
- lorsque l'ensemble des éléments de l'enveloppe de protection (3) ont été mis en place et fixés pour constituer l'enveloppe de confinement, on met en place des sangles (17) de maintien à l'aplomb desdites entretoises (9),
- on remplit alors l'espace annulaire avec ledit matériau liquéfié (4) sous pression pour déformer l'enveloppe extérieure (3) entre lesdites sangles (17), laquelle déformation correspondant à l'augmentation de volume engendrée par la dilatation thermique du matériau (4) liquide à la température de remplissage.

protection 3, formant un tube extérieur se déforme et vient prendre appui sur la partie solidifiée du matériau 4 qui est de nature quasiment incompressible : ainsi la déformation de cette enveloppe de protection 3 reste faible et les contraintes qui en résultent seront elles aussi faibles ;
5 en conséquence l'épaisseur de ladite enveloppe peut également être faible.

Ladite matrice 2 peut être constituée d'un matériau léger cellulaire ou fibreux tel que de la mousse à cellules ouvertes, de la fibre de verre ou de roche, du tissu, du feutre du papier etc... : en fait la
10 nature du matériau constituant ladite matrice doit être suffisamment absorbante pour être compatible avec l'imprégnation par ledit matériau 4 à changement de phase afin de s'opposer à la convection naturelle de la partie liquéfiée 4_1 dudit matériau ; cette matrice peut être éventuellement hétérogène pour être compatible avec le gradient de
15 température de l'imprégnation et elle peut n'occuper qu'une partie du volume de l'espace annulaire délimité par ladite enveloppe de protection 3 et ladite conduite 1 dans la mesure où la partie extérieure 4_2 dudit matériau à changement de phase reste toujours solide et n'est donc pas sujet à des mouvements de convection thermique : en ce cas la
20 limite 19 entre les deux parties liquide 4_1 et solide 4_2 est toujours comprise dans la matrice 2.

Suivant l'exemple d'un procédé de réalisation d'un dispositif selon l'invention tel que représenté sur les figures 3A à 4C :

- on fixe, tel que par soudage 16₁ d'une manière continue,
25 l'obturateur 7₂ à une extrémité de la paroi extérieure de conduite 1 à isoler (figure 3),

- on monte sur cette partie de conduite 1 des éléments de la matrice 2 absorbante qui entoure celle-ci complètement et uniformément et on enfile autour de ces éléments de matrice 2
30 l'enveloppe extérieure de protection 3 que l'on solidarise, tel que par soudage d'une manière continue, à son extrémité à l'obturateur 7₂

matériau (4) alors que la température T_2 ambiante extérieure est inférieure à T_0 , le matériau à changement de phase (4) étant alors liquide dans une partie de la matrice d'imprégnation (2₁) depuis la conduite (1) jusqu'à une limite d'équilibre (19) d'échange thermique entre la conduite (1) et l'enveloppe (3), au delà de cette limite (19) le
5 matériau étant solide,

- quand on arrête la circulation des effluents (6) dans la conduite (1) on maintient la température de ces effluents (6) au dessus d'une température T_3 donnée pendant une durée prédéterminée grâce au transfert calorifique apporté par la chaleur latente du matériau (4)
10 dont la partie liquide (4₁) se solidifie progressivement en se refroidissant.

12. Procédé d'isolation thermique suivant la revendication 11 caractérisé en ce que :

15 - on fixe un obturateur d'une manière continue et étanche un obturateur (7₂) à l'extrémité de la paroi extérieure de conduite (1) à isoler;

- on monte sur cette partie de conduite (1) des éléments de la matrice (2) absorbante qui entourent celle-ci complètement et uniformément,

20 - on enfile autour de ces éléments de matrice (2) l'enveloppe extérieure de protection (3) que l'on solidarise à son extrémité à l'obturateur (7₂)

- on positionne à l'autre extrémité de l'enveloppe de protection (3) un deuxième obturateur (7₁) que l'on fixe sur cette enveloppe et sur
25 la conduite (1),

- on remplit complètement, par une extrémité, l'espace annulaire compris entre la conduite (1) et l'enveloppe (3) avec ledit matériau (4) à changement de phase, liquéfié et surchauffé au dessus de sa température de fusion T_0 et jusqu'à ce que les éléments de matrice (2)
30 en soient complètement imprégnés,

- on refroidit l'ensemble.

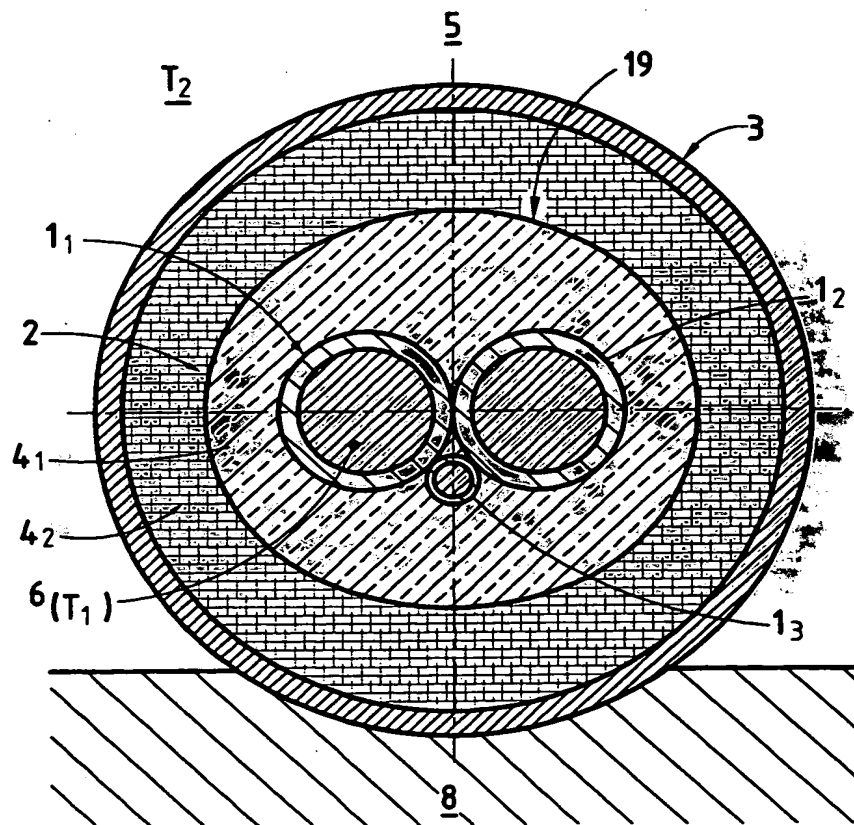


FIG.1

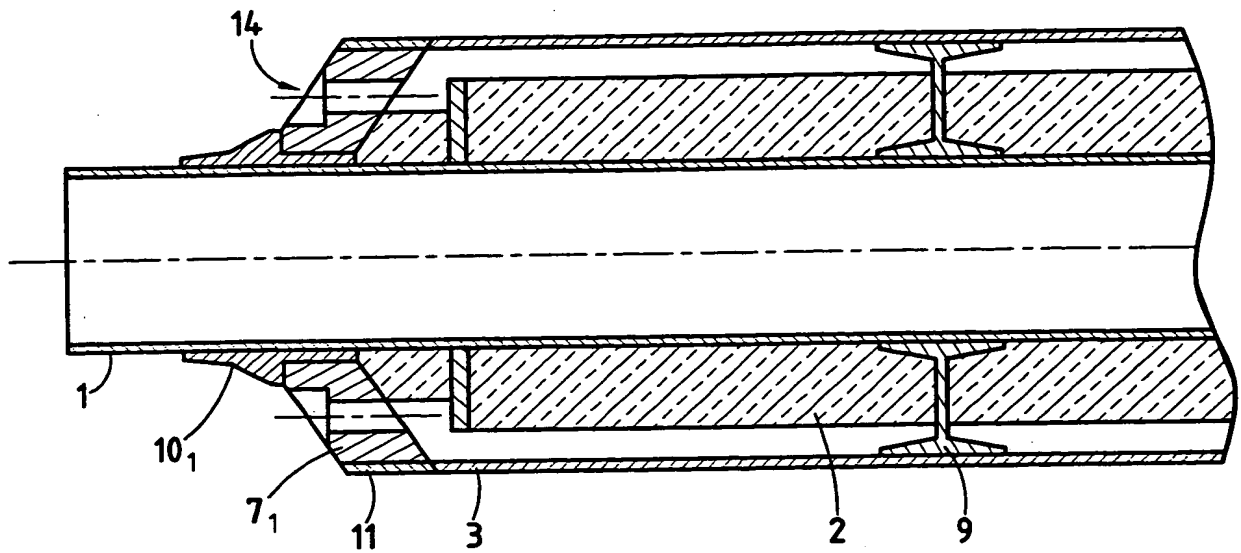


FIG. 2A

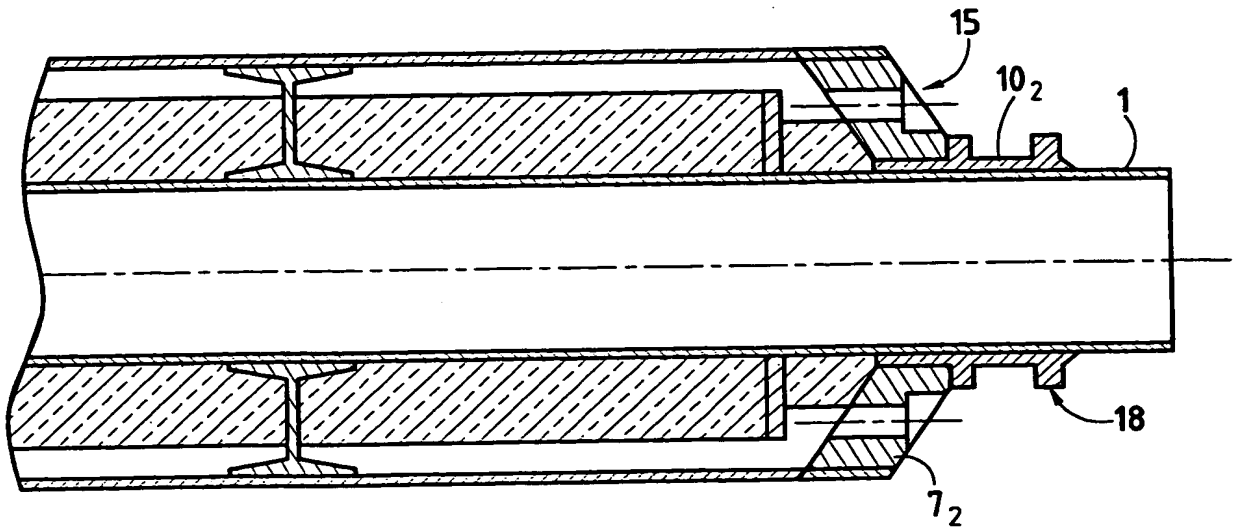


FIG. 2B

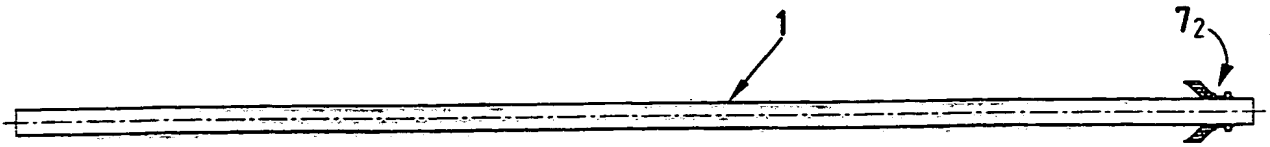


FIG. 3A

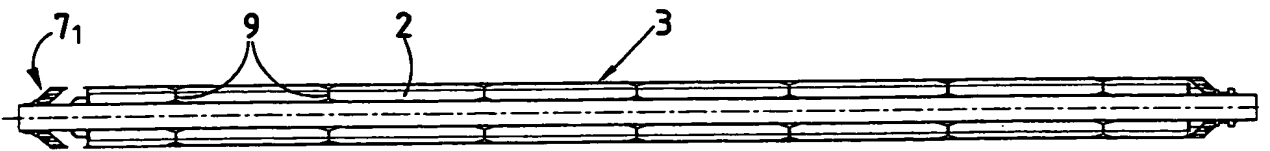


FIG. 3B

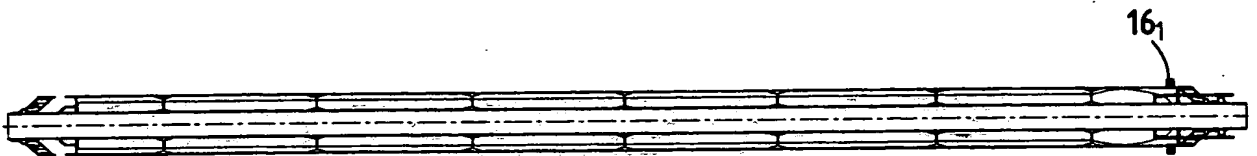


FIG. 3C



FIG. 3D

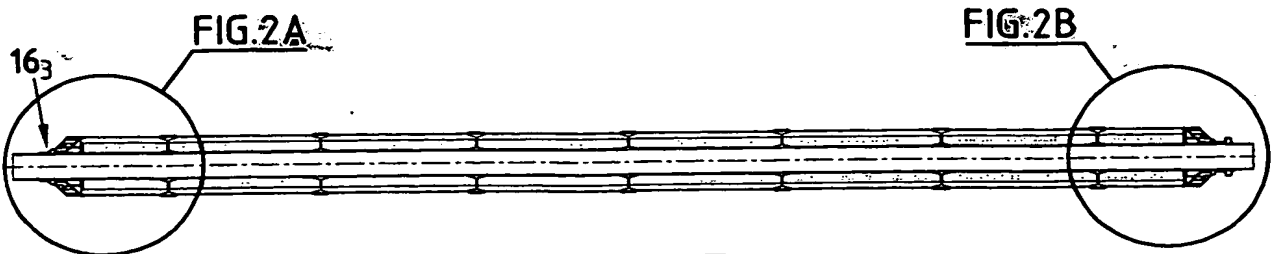


FIG. 3E

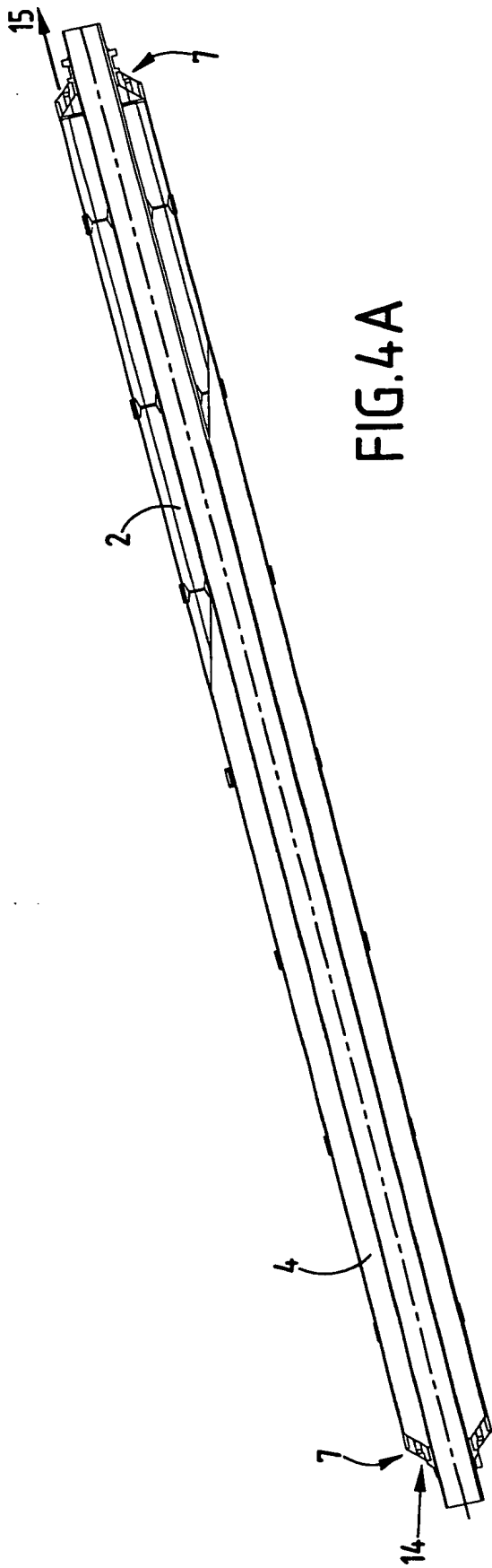


FIG. 4A

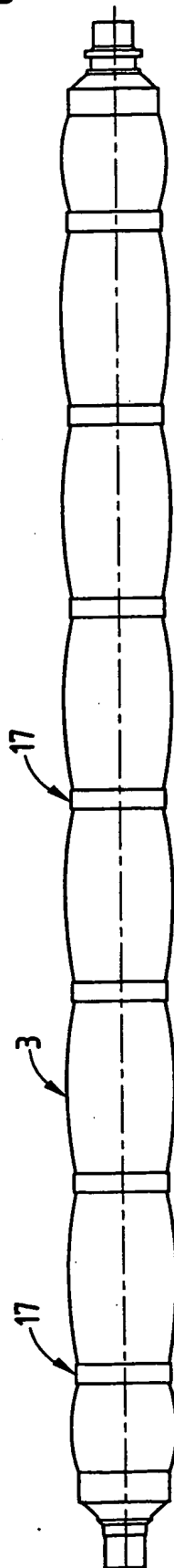


FIG. 4B

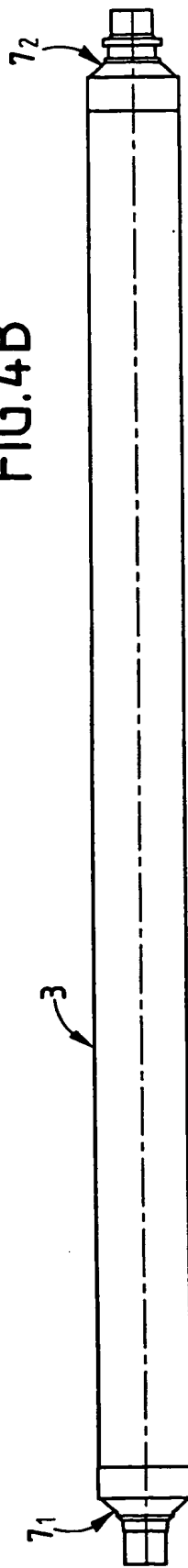
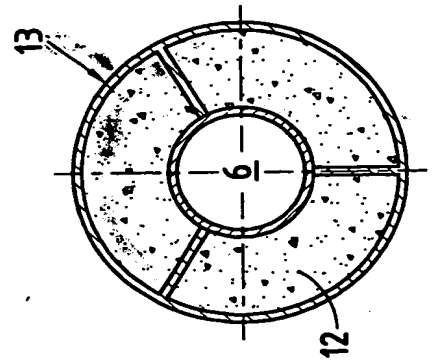


FIG. 4C



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)